

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 196 53 034 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
C 25 B 1/04  
C 25 B 1/10  
C 25 B 11/06  
C 25 B 13/08

21 Aktenzeichen: 196 53 034.2  
22 Anmeldetag: 19. 12. 96  
43 Offenlegungstag: 2. 7. 98

DE 196 53 034 A 1

71 Anmelder:  
Schulze, Dirk, 53113 Bonn, DE; Beyer, Wolfgang,  
53359 Rheinbach, DE

74 Vertreter:  
Müller-Gerbes, M., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 53225  
Bonn

72 Erfinder:  
Schulze, Dirk, 53113 Bonn, DE; Beyer, Wolfgang,  
53359 Rheinbach, DE; Stucki, Samuel, Dr.,  
Nussbaumen, CH

56 Entgegenhaltungen:  
US 50 37 518  
Stucki, S.: Reaktions- und Prozesstechnik der Mem-  
brel-Wasserelektrolyse. (Dechema-Monographien,  
Bd.94) Weinheim, Deerfeld Beach, Florida, Basel,  
Verlag Chemie, 1983, S.211-223;  
Katoh, M., Nishiki, Y. und Nakamatsu, S.: Polymer  
electrolyte-type electrochemical ozone generator  
with an oxygen cathode. Chapman & Hall, 1994 (J.  
Appl. Electrochemistry 24), S.489-494;  
Wendt, Hartmut und Jenseit, Wolfgang: Elektroche-  
mische Energieumwandlung in Brennstoffzellen,  
VCH  
Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, 1988 (Chem.-  
Ing-Tech. 60, Nr.3), S.180-186;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Vorrichtung zur Erzeugung von Sauerstoff bzw. Ozon-Sauerstoffgemisch

57 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung von Sauerstoff bzw. eines Ozon-Sauerstoffgemisches aus Reinstwasser mittels einer elektrochemischen Zelle mit in einem mehrteiligen Gehäuse angeordneten Aktivteil, umfassend eine Anode, eine Kathode und eine die Anode von der Kathode trennende Feststoffelektrolyt-Membran, und mit einer Zufuhrleitung für das Reinstwasser in den die Anode enthaltenden Anodenraum und mit einer Abflußleitung für das Reinstwasser, enthaltend den erzeugten Sauerstoff bzw. Ozon-Sauerstoffgemisch aus dem Anodenraum und mit einer Abfuhrleitung für Medien aus dem die Kathoden enthaltenden Kathodenraum, wobei ein Puffergefäß für das Reinstwasser vorgesehen ist, in das das Reinstwasser über die Wasserleitung einspeisbar ist und aus dem das Reinstwasser über die Zufuhrleitung in den Anodenraum der elektrochemischen Zelle einspeisbar ist und die Abflußleitung aus dem Anodenraum, enthaltend Reinstwasser, Ozon und Sauerstoff bzw. Sauerstoff, in das Puffergefäß mündet und eine Speiseleitung von dem Puffergefäß für den Sauerstoff bzw. Ozon-Sauerstoffgemisch zu einem Verbraucher ausgebildet ist.

DE 196 53 034 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Erzeugung von Sauerstoff bzw. von Ozon-Sauerstoffgemisch aus Reinstwasser mittels einer elektrochemischen Zelle mit in einem mehrteiligen Gehäuse angeordneten Aktivteil, umfassend eine Anode, eine Kathode und eine die Anode von der Kathode trennende Feststoffelektrolyt-Membran, und mit einer Zuführleitung für das Reinstwasser in den die Anode enthaltenden Anodenraum und mit einer Abflußleitung für das Reinstwasser, enthaltend den erzeugten Sauerstoff bzw. Ozonsauerstoffgemisch aus dem Anodenraum und mit einer Abfuhrleitung für Medien aus dem die Kathode enthaltenden Kathodenraum.

Ozon als eines der stärksten Oxidationsmittel eignet sich vorzüglich zur Desinfektion, Entfärbung, Desodorierung und zu Oxidationsprozessen allgemein. Ein Spezialgebiet der Ozonanwendung betrifft die Reinstwassertechnik. Für diese Applikationen ist elektrolytisch mit einer Elektrolysezelle, enthaltend eine Feststoffelektrolytmembran, produziertes Ozon besonders gut geeignet, weil im Reinstwasser außer Ozon und Sauerstoff praktisch keine weiteren Stoffe entstehen und nicht verbrauchtes Ozon nach kurzer Zeit zerfällt. Deshalb wird in Reinstwasserkreisläufen meistens die desinfizierende Wirkung des Ozon ausgenutzt.

Elektrolysezellen auf der Basis von direkt mit Elektroden kontaktierten Ionenaustauschermembranen, wobei die Elektroden aus einem porösen Material bestehen oder damit beschichtet sind, zeichnen sich durch die Fähigkeit zum Betrieb bei hohen Stromdichten und damit hohen Umsätzen aus. Die Ionenaustauschermembran übernimmt dabei als Feststoffelektrolytmembran gleichzeitig die Funktion des Separators von Anoden- und Kathodenraum und des Elektrolyten. Zellen dieser Bauweise sind seit längerer Zeit bekannt, wobei hydratisierte, perfluorierte Kationenaustauschermembrane verwendet werden, welche eine elektrochemische Stabilität gegenüber der reduzierenden bzw. oxidierenden Wirkung der Elektroden aufweisen (unbeschichtete oder beschichtete Nafion 117-Membran, s.S. Stucki: "Reaktion- und Prozeßtechnik der Membran-Wasser-Elektrolyse", Dechema Monographien Verlag Chemie 94 (1983) 211).

Des weiteren wird auch auf das Handbook of Water Purification, 2. Auflage, Walter Lorch/Ellis Horwood Ltd. 1987, Seite 513 bis 529 verwiesen, sowie auf das Sonderheft Swiss Chem 8 (1986) Nr. 10a, Seiten 31 bis 33, "Funktionsweise und Einsatzgebiete eines elektrochemischen Ozonerzeugers" von Baumann, Stucki.

Der Betrieb solcher Zellen ist grundsätzlich in Medien mit geringem Leitwert, wie z. B. chemisch reinem Wasser, möglich. Die elektrochemischen Reaktionen an den Elektroden führen beim Betrieb in Reinstwasser zu Wasserstoff und Sauerstoff; bei Verwendung besonderer Anodenmaterialien kann dabei auch an Stelle von reinem Sauerstoff ein Gemisch von Sauerstoff und Ozon entstehen.

Darüber hinaus ist die elektrochemische Energieumwandlung in Brennstoffzellen bekannt, bei der in Umkehrung des Elektrolyseprozesses elektrische Energie in Form niedergespannten Gleichstromes produziert wird. Hierbei erzeugt die elektrochemische, sogenannte kalte Verbrennung von Wasserstoff mit Sauerstoff in einer Brennstoffzelle entsprechende Zellspannungen, siehe Aufsatz von Hartmut Wendi und Wolfgang Jenseit "Elektrochemische Energieumwandlung in Brennstoffzellen" aus Chem.-Ing.-Tech. 60 (1988) Nr. 3, Seite 180-186.

Es ist auch bereits versucht worden, die für die elektrochemische Energieumwandlung in Brennstoffzellen eingesetzten Gasdiffusionskathoden in Zellen für die elektrochemische Erzeugung eines Ozon-Sauerstoffgemisches zu ver-

wenden, wozu auf die Publikation von M. Katoh, Y. Nishiki, S. Nakamatsu "Polymer Electrolyte Type - Electrochemical Ozon Generator with an Oxygen Cathode" in Journal of Applied Electrochemistry 24 (1994), Seiten 489-494 verwiesen wird.

Elektrochemische Zellen mit  $\beta$ -Bleiodioxid als Katalysatorbeschichtung der Anode und mit einer perfluorierten Ionenaustauscher-Membran als Elektrolyt haben sich für die Erzeugung von Ozon zur Desinfektion und oxidativen Behandlung von Reinstwassersystemen bewährt. Reinstwasser ist in diesen Anwendungen zugleich der Ausgangsstoff für die Ozonproduktion, das zu behandelnde Medium und auch das Kühlmedium für die Abfuhr der bei der Elektrolyse anfallenden Abwärme. Das Ozon in solchen Anlagen wird direkt in das zu behandelnde Wasser eingetragen. Der als Nebenprodukt an der Kathode solcher Ozongeneratoren entstehende Wasserstoff wird abgeführt.

Die Produktion gasförmiger Ozon-Sauerstoffgemische in elektrochemischen Zellen muß aus technischen Gründen ebenfalls von voll entsalztem Wasser als Ausgangsstoff ausgehen. Da für Anwendungen von gasförmigem Ozon in der Regel keine großen Mengen an Reinstwasser zur Verfügung stehen, muß dieses für den Betrieb bereitgestellt werden. Da die Aufbereitung großer Mengen von Leitungswasser zu der erforderlichen Reinstwasserqualität mit Aufwand verbunden ist, muß der Wasserverbrauch möglichst auf die zur chemischen Umsetzung in der Elektrolyse notwendige Menge beschränkt werden. Durch die Kreislaufführung des Anodenwassers und des bei der Elektrolyse die Membran zur Kathode permeierenden Wassers besteht jedoch die Gefahr, daß sich Spurenstoffe im Reinstwasser anreichern, welche zu einer die Stromausbeute für die Ozonerzeugung beeinträchtigenden Vergiftung führen können. Zudem kann die Abwärme der Zelle bei minimiertem Wassereinsatz nicht über das Reinstwasser aus dem System abgeführt werden, sondern muß über einen Wärmetauscher mit Kühlwasser abgeführt werden.

Die Leistungselektronik, welche für die Gleichrichtung des Netzstromes in Gleichstrom geeigneter Spannung für den Betrieb der elektrochemischen Zelle benötigt wird, erzeugt ebenfalls Verlustleistung, welche nach gängiger Praxis dadurch abgeführt wird, daß die Komponenten der Leistungselektronik direkt auf Kühlprofile aus Aluminium, welche mittels eines Gebläses mit Umgebungsluft überströmt werden, montiert werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, den Verbrauch an Reinstwasser für den Betrieb der elektrochemischen Zelle auf eine notwendige Mindestmenge zu beschränken und eine Vergiftung des Reinstwassers zu vermeiden sowie des weiteren die Kühlung der Leistungselektronik und der elektrochemischen Zelle in einem Kühlsystem zu kombinieren. Ziel der Erfindung ist es, eine kompakte Vorrichtung mit einer elektrochemischen Zelle zur Erzeugung von Sauerstoff bzw. eines Ozon-Sauerstoffgemisches zu schaffen, das auch gut transportierbar und handhabbar ist.

Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe in Weiterbildung einer Vorrichtung gemäß Gattungsbegriff dadurch, daß ein Puffergefäß für das Reinstwasser vorgesehen ist, in das das Reinstwasser über eine Wasserleitung einspeisbar ist und das Reinstwasser aus dem Puffergefäß in den Anodenraum der elektrochemischen Zelle über die Zuführleitung einspeisbar ist und die Abflußleitung aus dem Anodenraum, enthaltend Sauerstoff bzw. Ozon und Sauerstoff sowie Reinstwasser, in das Puffergefäß geführt ist und von dem Puffergefäß eine Speiseleitung für den Sauerstoff bzw. Ozon-Sauerstoffgemisch gegebenenfalls mit Zusatz von Reinstwasser zu einem Verbraucher abgeht.

Vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sind den kenn-

zeichnenden Merkmalen der Unteransprüche entnehmbar.

Da die elektrochemische Zelle stets mit ausreichend Reinstwasser versorgt sein muß, ist bisher eine aufwendige Steuerung und Regelung mittels Flußwächtern erforderlich gewesen, um dies sicherzustellen. Mit dem erfindungsgemäßen Einsatz eines Puffergefäßes für das Reinstwasser für die Versorgung der elektrochemischen Zellen wird es möglich, in einfacher Weise jeweils nur so viel Reinstwasser der Zelle zuzuführen, wie es stöchiometrisch benötigt wird. Des weiteren ergibt sich der Vorteil, daß der erzeugte Sauerstoff bzw. Sauerstoff-Ozongemisch und das wieder aus dem Anodenraum der Zelle abgeführte Reinstwasser in das Puffergefäß zurückgeführt wird, wodurch insgesamt eine zweifache Entkopplung dergestalt erreicht wird, daß keine Verunreinigungen in den Reinstwasserkreislauf gelangen können. Das Ozonsauerstoffgemisch bzw. der Sauerstoff kann dann aus dem Puffergefäß über eine Speiseleitung einem Verbraucher zugeführt werden, wobei die Speiseleitung oberhalb oder unterhalb des Wasserspiegels in dem Puffergefäß abgehend angeordnet sein kann.

Erfindungsgemäß ist eine Kreislauf für das Reinstwasser mittels des eingesetzten Puffergefäßes gebildet, dergestalt, daß der Anodenraum der elektrochemischen Zelle über die Zufuhrleitung und die Abflußleitung mit dem Puffergefäß verbunden ist.

Bevorzugt wird die Abflußleitung, die das aus dem Anodenraum der Zelle rücklaufende Wasser einschließlich Sauerstoff bzw. Ozon-Sauerstoffgemisch in das Puffergefäß führt, im bzw. nahe dem Bodenbereich des Puffergefäßes eingeleitet. Durch die in der Abflußleitung zwischen dem Anodenraum und dem Puffergefäß aufsteigenden Gasblasen wird das Reinstwasser im Kreislauf in Zirkulation versetzt. Für den Fall, daß möglichst gasförmiges Ozon-Sauerstoffgemisch dem Verbraucher zugeführt wird, wird die Speiseleitung vom Puffergefäß abgehend im oberen Bereich oberhalb des Wasserspiegels ausgebildet.

Die Zufuhr von Reinstwasser in das Puffergefäß, um dieses auf einen gewünschten Level zu füllen, erfolgt über eine Wasserleitung, die mit einem Absperrventil ausgerüstet ist.

Um Verunreinigungen des Reinstwasserkreislaufes durch die elektrochemische Zelle zu vermeiden, wird in Weiterbildung der Erfindung vorgeschlagen, daß die Zufuhrleitung zwischen Puffergefäß und Anodenraum für das Reinstwasser einen Bypass aufweist, in dem sich eine Filtervorrichtung befindet, die die Akkumulation von Spurenstoffen im Wasser verhindert. Die Filtervorrichtung besteht beispielsweise aus einer Patrone mit einem Katalysator enthaltenden Festbett zum Abbau von gelöstem Ozon und einem nachfolgenden Ionenaustauscher-Mischbett zur Entfernung ionogener Stoffe. Die Ozonzerstörung ist notwendig, um die oxidative Zerstörung der Ionenaustauscherharze zu vermeiden. Der über das Filter geführte Anteil des in Zirkulation gesetzten Reinstwassers kann durch die Dimensionierung der Zufuhrleitung und den Druckabfall über das Filter eingestellt werden.

Eine weitere Möglichkeit des Vermeidens von Verunreinigungen bzw. der Vergiftung des Reinstwassers, mit dem die elektrochemische Zelle versorgt wird, sieht nach einem Vorschlag der Erfindung vor, daß in der Wasserleitung, die das Reinstwasser in das Puffergefäß einspeist, ein Regelventil eingebaut ist, um einen vorgegebenen Füllgrad des Puffergefäßes einzuhalten oder eine geringfügig größere Wassermenge als dem erforderlichen Füllgrad entspricht, zuzuführen. Zusätzlich ist eine mit einem Absperrventil ausgestattete Abzweigleitung von der Zufuhrleitung für das Wasser in den Anodenraum vor dem Eintritt in die Zelle vorgesehen, über die überschüssiges Reinstwasser aus dem Puffergefäß abführbar ist, so daß einerseits die Zelle stets mit

der stöchiometrisch notwendigen Menge an Reinstwasser bedient wird und andererseits sich durch den ständigen Austausch einer gewissen Menge an Reinstwasser im Puffergefäß keine Ionen akkumulieren können.

Darüber hinaus wird vorgeschlagen, daß in der aus dem Puffergefäß herausgeführten Speiseleitung ein Rückschlagventil angeordnet ist.

Sofern erwünscht ist, nur ein gasförmiges Ozonsauerstoffgemisch aus dem Puffergefäß abzuführen und einem Verbraucher zuzuführen, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, in der Speiseleitung einen Filter anzubauen, der nur Dämpfe und Gase durchläßt, um so ein mit Sicherheit nur gasförmiges und von Wasser befreites Ozon-Sauerstoffgemisch für die Weiterleitung an den Verbraucher zu erhalten.

Um ein kompaktes transportables Gerät für die Erzeugung eines Ozon-Sauerstoffgemisches gemäß der Erfindung zu erhalten, wird für die Kühlung ein als Tragplatte ausgebildeter Kühlkörper vorgesehen, wobei auf dem Kühlkörper die elektrochemische Zelle, das Puffergefäß und die Stromversorgungseinrichtung mit Trafo und Leistungselektronik montiert wird. Erfindungsgemäß wird so ein einziger Kühlblock vorgesehen, der beispielsweise mit Kühlrippen ausgestattet ist und auf dem sowohl die Zelle die Wärme erzeugt als auch die Stromversorgungseinrichtung die Wärme erzeugt, montiert sind, so daß diese mit nur einer Kühleinrichtung kühlbar sind.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Erzeugen eines Ozon-Sauerstoffgemisches kann mit einer elektrochemischen Zelle unter Einsatz eines Puffergefäßes für den Reinstwasserkreislauf gemäß den kennzeichnenden Merkmalen der Ansprüche 14 oder 15 aufgebaut sein.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Erzeugung von Sauerstoff kann mit einer elektrochemischen Zelle gemäß den kennzeichnenden Merkmalen der Ansprüche 16 oder 17 ausgerüstet sein.

Die Kühltechnik der erfindungsgemäßen Vorrichtung kann mit Vorteil durch den Einsatz einer Gasdiffusionselektrode als poröse Kathode in dem Prozeß der Ozonherstellung oder Sauerstoffherstellung mittels elektrochemischer Zelle verbessert werden, da durch die Bestromung der porösen Kathode mit Luft zusätzlich auch eine Kühlwirkung der Luft neben der Bindung des Wasserstoffes bewirkt wird.

An Stelle einer Wasserstoff entwickelnden Kathode wird in Weiterbildung der Erfindung vorgeschlagen, die Zelle mit einer Gasdiffusionselektrode als Kathode auszurüsten. Hierbei wird die Zelle dann direkt so auf die als Kühlkörper ausgebildete Tragplatte montiert, daß die Gasdiffusionskathode von deren Rückseite her über eingelassene Rillen mit Luft versorgt wird. An Stelle der Wasserstoffentwicklung, wie bei herkömmlichen elektrochemischen Zellen für die Sauerstoff/Ozonerzeugung wird bei ausreichender Bestromung mit Luft an der Gasdiffusionselektrode elektrochemisch Luft-Sauerstoff zu Wasser reduziert. Die Luftströmung wird mittels eines Kühlgebläses sichergestellt. Die an der Gasdiffusionselektrode vorbeiströmende Luft kühlt wirksam den elektrochemisch aktiven Teil der Zelle, das Membran-Elektrodenpaket. Diese Kühlung erfolgt einerseits durch Erwärmung der an der Kathode vorbeiströmenden Luft - fühlbare Wärme - andererseits in wirksamer Weisung durch Verdampfung des an der Kathode durch elektrochemische Reaktion und Membran-Wassertransport anfallende Wasser - latente Wärme. Die erfindungsgemäße Kombination eines Puffergefäßes für die Reinstwasserversorgung der Zelle und der Einsatz einer Gasdiffusionselektrode als Kathode erfüllt gleichzeitig den Zwecke der Vermeidung der Wasserstoffbildung sowie der einer wirksamen Wärmeabfuhr.

Bei den Elektroden der elektrochemischen Zelle für die Sauerstoff-Ozongemischerzeugung werden zumindest die

Anode mit Platin oder Platinmetallen beschichtet, wobei die Schicht beispielsweise galvanisch aufgebracht wird. Für die Erzeugung von Ozon wird zudem die Anode mit  $\beta$ -Bleiodioxid als Katalysator galvanisch beschichtet. Nur mit Platin oder Platinmetallen beschichtete Elektroden einer elektrochemischen Zelle der vorangehend beschriebenen Aufbauten können für die Erzeugung nur von Sauerstoff verwendet werden. Bei gleichem Aufbau unterscheidet sich eine Sauerstoff erzeugende Zelle von einer Ozon und Sauerstoff erzeugenden Zelle nur durch die fehlende Katalysatorschicht, beispielsweise  $\beta$ -Bleiodioxid.

In Weiterbildung der Erfindung wird daher vorgeschlagen, daß eine aus Reinstwasser Sauerstoff erzeugende elektrochemische Zelle vorgesehen ist und mit der Ozon-Sauerstoffgemisch erzeugenden elektrochemischen Zelle in Reihe geschaltet ist, dergestalt, daß über das Puffergefäß beide elektrochemischen Zellen mit Reinstwasser gespeist werden und sowohl der erzeugte Sauerstoff als auch das erzeugte Ozonsauerstoffgemisch von jeweiligen Zellen in das Puffergefäß zurückgeführt werden und das Reinstwasser im Kreislauf geführt ist. Bevorzugt werden der erzeugte Sauerstoff bzw. das erzeugte Ozon-Sauerstoffgemisch in dasselbe Puffergefäß zurückgeführt, wodurch es möglich ist, die Konzentration des Ozons im Ozon-Sauerstoffgemisch durch eine entsprechende zusätzliche Menge von Sauerstoff aus der nur Sauerstoff erzeugenden Zelle zu variieren.

Der erfindungsgemäße Einsatz von zwei elektrochemischen Zellen im wesentlichen gleichen Aufbau, von denen die eine Sauerstoff erzeugt und die andere ein Ozon-Sauerstoffgemisch erzeugt, in Verbindung mit einem gemeinsamen Puffergefäß für den Kreislauf des Reinstwassers ermöglicht, daß die Konzentration des aus dem Puffergefäß über die Speiseleitung abgeführten in der Ozon-Sauerstoffgemisch erzeugenden Zelle erzeugten Ozons mittels der in der Sauerstoff erzeugenden elektrochemischen Zelle erzeugbaren Sauerstoffmenge steuerbar, d. h. veränderbar und einstellbar ist.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung an Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigen

**Fig. 1-3** verschiedene Reinstwasserversorgungskreisläufe mit Puffergefäß für eine elektrochemische Zelle, bei der Wasserstoff als Nebenprodukt anfällt und abgeführt wird für die Ozon-Sauerstoffgemischerzeugung.

**Fig. 4-6** Reinstwasserversorgungskreise mit Puffergefäß für eine elektrochemische Zelle, die als Kathode eine Gasdiffusionselektrode aufweist.

**Fig. 7** schematische Darstellung durch eine elektrochemische Zelle für die Ozonerzeugung, wobei an der Kathode Wasserstoff entsteht.

**Fig. 8** eine schematische Darstellung einer elektrochemischen Zelle zur Ozonerzeugung, mit einer Gasdiffusionselektrode als Kathode.

**Fig. 9-11** Gerät zur Erzeugung eines Ozon-Sauerstoffgemisches in kompakter Bauweise mit elektrochemischer Zelle, Puffergerät, Stromversorgung und Kühlblock.

**Fig. 12** Schema der Versorgung von zwei in Reihe geschalteten elektrochemischen Zellen mit einem Reinstwasserkreislauf mit Puffergefäß zur Erzeugung von Ozon-Sauerstoffgemisch und Sauerstoff.

**Fig. 13** Reinstwasserkreislauf mit Zelle für die Sauerstoff erzeugung.

In der **Fig. 7** ist schematisch eine elektrochemische Zelle 1 mit beispielsweise mittels Schrauben miteinander fest und dichten verbundenen Gehäuseteilen 10, 11 dargestellt, mit einem zentralen Aktivteil 12, umfassend eine Kathode K, eine Feststoffelektrolyt-Membran F, eine Anode A, einen Anodenraum 13 mit Zufuhrleitung 20 für Reinstwasser und Abflußleitung 21 für das Reinstwasser und Ozon-Sauer-

stoffgemisch, sowie einen Kathodenraum 14 mit einer Abfuhrleitung 22 für den sich als Nebenprodukt in geringen Mengen anfallenden Wasserstoff und permeierendes Wasser. Der Aufbau einer solchen Elektrolysezelle ist beispielsweise in dem DE-GM 2 95 04 323 beschrieben. Als Katalysatorschicht ist hierbei für die Ozonerzeugung eine galvanisch aufgebraute  $\beta$ -Bleiodioxidschicht auf einer der Elektroden, hier Anode, vorgesehen, wobei die Elektroden mit Platin oder Platinmetallen vorbeschichtet sind. Ohne  $\beta$ -Bleiodioxidbeschichtung kann diese elektrochemische Zelle für die Sauerstoff erzeugung eingesetzt werden. Es wird dann kein Ozon erzeugt.

In der **Fig. 8** ist beispielhaft eine neuartige elektrochemische Zelle 1 zur Erzeugung von Ozon bzw. Ozon-Sauerstoffgemisch dargestellt, bei der als poröse Kathode K eine Gasdiffusionselektrode vorgesehen ist. Gasdiffusionselektroden sind bekannt, wie eingangs beschrieben. Eine solche Gasdiffusionselektrode kann ein Trägermaterial aus planarem gewebtem Kohlenstoffasergewebe, beispielsweise 116 g/m<sup>2</sup> bei einer Dicke von 0,36 mm, aufweisen. Die fertige katalysierte Elektrode hat dann eine etwas größere Dicke im Bereich von 0,4 bis 0,5 mm entsprechend der Katalysatorbeladung. Der Ausschluß von flüssigem Wasser von den gasseitigen Poren wird mittels einer hydrophoben Fluorkohlenstoff/Kohlenstoffschicht erreicht. Der Katalysator wird nur auf einer Seite aufgebracht, beispielsweise auf Basis von Platin. Derartige Gasdiffusionselektroden sind handelsüblich erhältlich. Die poröse Anode ist analog wie bei der Zelle gemäß **Fig. 7** aufgebaut. Auch ein Aufbau der elektrochemischen Zelle, wie in dem Journal of Applied Electrochemistry 24, 1994, Seite 489-494 beschrieben kann für die Erfindung eingesetzt werden. Wesentlich ist im Vergleich zu der Zelle gemäß **Fig. 7**, daß mit dem Einsatz einer Gasdiffusionselektrode als poröse Kathode K zusätzlich ein Luftzuführungskanal 23 vorgesehen wird, mit dem die Kathode mit Luft beströmt wird und an der anderen Seite die Luft sowie der elektrochemisch zu Wasser reduzierte Luft-Sauerstoff über die Abfuhrleitung 22 wieder herausgeführt. Durch die ständige Beblasung mit Luft über die Zufuhrleitung 23 werden die Kathode und der Kathodenstromkollektor K1 gleichzeitig gekühlt. Auf der Anodenseite A hingegen wird das Reinstwasser über die Zufuhrleitung 20 zugeführt und das entstandene Ozon-Sauerstoffgemisch zusammen mit dem Reinstwasser auf der gegenüberliegenden Seite über die Abflußleitung 21 wieder aus dem Anodenraum herausgeführt. Wenn die Anode nicht mit  $\beta$ -Bleiodioxid beschichtet ist, wird nur Sauerstoff erzeugt, jedoch kein Ozon.

In der **Fig. 1** ist eine elektrochemische Zelle 1 gemäß dem in **Fig. 7** erläuterten Aufbau für die Ozon-Sauerstoffgemischerzeugung vorgesehen. Für die Versorgung der Zelle 1 mit Reinstwasser ist ein Puffergefäß 3 vorgesehen, von dem die Zufuhrleitung 20 für das Reinstwasser zum Anodenraum der Zelle 1 abgeht. Die Abflußleitung 21 aus dem Anodenraum der Zelle für das Reinstwasser einschließlich Ozon-Sauerstoffgemisch wird in das Puffergefäß 3 zurückgeführt. Auf diese Weise ist ein Kreislauf für das Reinstwasser zur Versorgung der Zelle gebildet und sichergestellt, daß die Zelle stets mit ausreichender Menge Reinstwasser versorgt wird. Das Puffergefäß 3 ist mit Reinstwasser bis zu dem Füllungsgrad, Wasserspiegel 35, gefüllt. Diese Füllmenge ist so bemessen, daß die stets notwendige gleichmäßige Versorgung der Zelle 1 in stöchiometrischer Menge des Reinstwassers über die Zufuhrleitung 20 gewährleistet ist. Die Befüllung des Puffergefäßes 3 erfolgt über die Wasserleitung 31, die mit einem Absperrventil 33 ausgestattet ist. Die Wasserleitung 31 wiederum kann von einer Verbraucherleitung 4 für Reinstwasser abgezweigt sein. Aus dem Puffergefäß 3

wird einem Verbraucher über die Speiseleitung 32 ein Reinstwasser-Sauerstoff-Ozongemisch zugeführt, beispielsweise der Verbraucherleitung 4 für die Ozonbehandlung. In der Speiseleitung ist des weiteren ein Rückschlagventil 36 angeordnet. Der an der Kathode K der Zelle 1 entstehende Wasserstoff sowie das permeierende Wasser werden über die Abfuhrleitung 22 aus der Zelle 1 abgeleitet.

In der Fig. 4 ist eine Versorgung einer elektrochemischen Zelle zur Ozonerzeugung mit einem Puffergefäß 3 dargestellt, die sich lediglich durch den Einsatz einer gemäß Fig. 8 ausgebildeten elektrochemischen Zelle 1 unterscheidet. Hierbei weist die elektrochemische Zelle 1 eine Gasdiffusionsselektrode als poröse Kathode K auf, die über die Luftleitung 23 mit Luft bestromt wird und wobei auf der Kathodenseite über die Abfuhrleitung 22 Luft und über den Stromfluß durch die Membran transportiertes Wasser wieder abgeführt wird. Gemäß Fig. 1 und 4 ist die gleichmäßige ständige Versorgung der Zelle 1 mit Reinstwasser gewährleistet, wobei durch den ständigen Abfluß von Reinstwasser über die Speiseleitung 32 ein stets erneuter Zufluß von Reinstwasser über die Wasserleitung 33 in das Puffergefäß 3 gegeben ist, so daß eine Akkumulation von Ionen im Puffergefäß vermieden wird. Gemäß diesem Vorschlag der Erfindung wird sowohl eine ständige gleichmäßige Versorgung der elektrochemischen Zelle 1 mit Reinstwasser gewährleistet und zugleich eine Vergiftung dieses Reinstwassers im Kreislauf vermieden.

Bei dem erfindungsgemäßen Vorschlag für eine Versorgung mit Reinstwasser einer elektrochemischen Zelle 1 wird zusätzlich zu dem in Fig. 1 dargestellten Kreislauf in der Zufuhrleitung 20 des Reinstwassers aus dem Puffergefäß 3 in die Zelle 1 ein Bypass 6 vorgesehen, in dem eine Filtervorrichtung 5 angeordnet ist. Die Filtervorrichtung besteht aus einem einen Katalysator enthaltenden Festbett 50 zum Abbau von in dem Reinstwasser gelöstem Ozon und einem nachfolgenden Ionenaustauschermischbett 51 zur Entfernung ionogener Stoffe aus dem Reinstwasser, siehe Fig. 2 und Fig. 5.

Des weiteren ist beispielhaft bei der Anlage nach Fig. 2 vorgesehen, daß die Speiseleitung 32 oberhalb des Wasserspiegels 35 des Wasserreservoirs in dem Puffergefäß 3 abgeht, so daß möglichst nur gasförmiges Ozon-Sauerstoffgemisch abgeführt und einem Verbraucher zugeführt wird. Zusätzlich ist hierbei in der Speiseleitung 32 beispielhaft ein Filter 7 vorgesehen, um möglichst nur gasförmiges Ozon und Sauerstoff zu erhalten. Bei der Anlage nach Fig. 2 ist als elektrochemische Zelle 1 eine solche gemäß Fig. 7 in Aufbau und Wirkungsweise eingesetzt, ebenso wie in Fig. 1. Auch die dargestellte Reinstwasserversorgung einer elektrochemischen Zelle 1 zur Ozonversorgung gemäß Fig. 2 kann für eine elektrochemische Zelle gemäß Fig. 8 mit einer Gasdiffusionsselektrode als poröser Kathode benutzt werden, wie die beispielhafte Darstellung nach Fig. 5 zeigt. Der Kreislauf des Reinstwassers über das Puffergefäß 3 zur Zelle 1 und zurück zum Puffergefäß mit Zufuhr der Wasserleitung und Ableitung des hergestellten Ozon-Sauerstoffgemisches über die Speiseleitung verläuft analog wie bei Fig. 2 erläutert.

In der Fig. 3 ist eine weitere Variante der Versorgung der elektrochemischen Zelle zur Ozonerzeugung mit Reinstwasser dargestellt, wobei ein Puffergefäß 3 vorgesehen ist, von dem die Anode über die Zufuhrleitung 20 gespeist wird und das erzeugte Ozon-Sauerstoffgemisch mit Reinstwasser über die Abfuhrleitung 21 aus dem Anodenraum der Zelle 1 wieder in das Puffergefäß zurückgeführt wird. Die Zufuhr von Reinstwasser in das Puffergefäß erfolgt über die Wasserleitung 31, die zusätzlich mit einem Regelventil 34 versehen ist. Das Ozon-Sauerstoffgemisch wird mit einer Speise-

leitung 32 aus dem Puffergefäß 3 abgeführt, die oberhalb des Wasserspiegels 35 abgeht. Mit Hilfe des Regelventils 34 ist es möglich, den Wasserspiegel 35 des Reinstwassers in dem Puffergefäß 3 konstant auf gleicher Höhe zu halten, so daß stets so viel Reinstwasser über die Wasserleitung 31 in das Puffergefäß 3 nachgefüllt wird, wie verlorengeht. Gleichzeitig wird damit auch sichergestellt, daß die Zelle stets mit ausreichender stöchiometrischer Menge von Reinstwasser versorgt wird. Es ist aber auch möglich, stets etwas mehr Wasser als benötigt wird über das Regelventil 34 in das Puffergefäß 3 über die Wasserleitung 31 einzuführen, wenn wie vorgeschlagen dafür Sorge getragen wird, daß die übertällige Menge wieder abgeführt wird. Hierzu ist vorgesehen, an der Zufuhrleitung 20 von dem Puffergefäß 3 zu dem Anodenraum der Zelle 1 eine Abzweigleitung 27 anzuschließen, die mit einem Absperrventil 26 versehen ist. So ist es möglich, zuviel über die Leitung 31 in das Puffergefäß zugeführtes Wasser an der Abzweigleitung 27 wieder abzuleiten, so daß eine ständige Erneuerung des Reinstwassers im Kreislauf der Versorgung der Zelle 1 erfolgt und sich keine Ionen in dem Puffergefäß 3 ansammeln können. Eine Anlage gemäß Fig. 3 kann mit einer elektrochemischen Zelle im Aufbau gemäß Fig. 7 und auch mit einer elektrochemischen Zelle im Aufbau gemäß Fig. 8, siehe analoge Anlage Fig. 6, ausgerüstet werden.

In der Fig. 13 ist eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit Puffergefäß 3 analog zu Fig. 1 dargestellt, wobei eine nur Sauerstoff erzeugende elektrochemische Zelle 1a eingesetzt ist. Hier entfällt lediglich Ozon. Die mit dem Reinstwasserkreislauf durch das Puffergefäß 3 erzielten Vorteile gelten genauso wie beim Einsatz einer Zelle zur Erzeugung eines Ozon-Sauerstoffgemisches.

In der Fig. 9 in Draufsicht, in der Fig. 10 in der schematisierten Seitenansicht und in der Fig. 11 in der weiteren schematisierten Seitenansicht ist ein kompaktes Gerät dargestellt, das eine Anlage gemäß den vorangegangenen Fig. 1 bis 6 umfaßt. Wesentlich ist hierbei, daß die Kühlung sowohl der Zelle 1 als auch der Stromversorgung mit Trafo und der Leistungselektronik mittels eines einzigen Kühlkörpers 8, der als Tragplatte ausgebildet ist, erfolgt. Der Kühlkörper ist auf seiner Unterseite mit Kühlrippen 80 ausgestattet und kann zusätzlich mittels eines Gebläses beblasen werden. Auf diesem Kühlkörper 8 als Tragplatte ist dann die Zelle 1 sowie das Puffergefäß 3 für die Reinstwasserversorgung und die Stromversorgung 9 montiert. Die Leitungen für die Reinstwasserversorgung des Puffergefäßes 3, nämlich die Wasserleitung 31 sowie die Zufuhrleitung 20 zu der Zelle 1 und die Abfuhrleitung 21 aus der Zelle 1 in das Puffergefäß 3 sowie die Speiseleitung 32 aus dem Puffergefäß für einen Verbraucher sind schematisch in der Draufsicht 9 dargestellt.

Des weiteren ist die Zelle 1 mindestens mit einer Abfuhrleitung 22 für Wasserstoff und Wasser bzw. Luft und Wasser sowie im Falle einer Gasdiffusionsselektrode als Kathode noch mit einer zusätzlichen Luftzufuhrleitung 23 zum Beblasen der Kathode mit Luft ausgerüstet. Die Zelle 1 sowie das Puffergefäß 3 können oberseitig mit Kühlblechen 101, 102 abgedeckt sein. Der in den Fig. 9, 10, 11 dargestellte Aufbau eines Gerätes zur Ozon-Sauerstoffherzeugung ist nur ein Beispiel von möglichen Anordnungen von Zelle, Puffergefäß, Stromversorgung und Kühlkörper.

Die Erfindung ermöglicht die Schaffung eines kompakten Gerätes für die Ozon-Sauerstoffherzeugung mit einem Kühlsystem und einer sicheren Versorgung mit Reinstwasser in einer relativ geringen Menge unter Einsatz eines Puffergefäßes, wobei eine Vergiftung des Reinstwassers mit einfachen Mitteln vermeidbar ist.

In der Fig. 12 ist eine schematische Darstellung einer An-

lage zur Erzeugung eines Ozon-Sauerstoffgemisches auf der Basis von zwei in Reihe geschalteten elektrochemischen Zellen 1, 1a dargestellt, wobei die erste Zelle 1 ein Ozon-Sauerstoffgemisch erzeugt - Ozon-Generator - und die zweite Zelle 1a nur Sauerstoff erzeugt.

Die beiden elektrochemischen Zellen 1, 1a können im wesentlichen den gleichen Aufbau mit Anode, Feststoffelektrolytmembran und Kathode, beispielsweise einer Lufikathode oder Gasdiffusionselektrode, wie vorangehend beschrieben, aufweisen, wobei sie sich dann nur noch durch die aktive Katalysatorbeschichtung unterscheiden. Bei der Ozon erzeugenden Zelle 1 ist als Katalysatorbeschichtung zusätzlich zu einer Platin und Platinmetallbeschichtung eine  $\beta$ -Bleioxidbeschichtung auf der Anode vorgesehen.

Die Reinstwasserversorgung der beiden Zellen 1, 1a erfolgt über das Puffergefäß 3, aus dem Zufuhrleitung 20 mit einem Zweig in den Anodenraum der ersten Zelle 1 zur Erzeugung des Ozon-Sauerstoffgemisches führt und der Abzweig 20a in den Anodenraum der Sauerstoff erzeugenden elektrochemischen Zelle 1a führt. Das in der Zelle 1 erzeugte Ozon-Sauerstoffgemisch wird dann über die Abflußleitung 21 zusammen mit Reinstwasser wieder in der Puffergefäß 3 zurückgeführt, ebenso der erzeugte Sauerstoff in der Zelle 1a zusammen mit dem Reinstwasser über die Abflußleitung 21a zurück in das Puffergefäß 3. Durch Variation der in der Zelle 1 produzierten Gasmengen, nämlich Sauerstoff, kann die Konzentration des Ozon-Sauerstoffgemisches, das in der ersten Zelle produziert wird, durch Zusammenführen in dem Puffergefäß variiert werden, so daß über die Speiseleitung 32 ein in seiner Zusammensetzung variables oder einstellbares Ozon-Sauerstoffgemisch dem Verbraucher zugeführt werden kann.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung von Sauerstoff bzw. von Ozon-Sauerstoffgemisch aus Reinstwasser mittels einer elektrochemischen Zelle mit in einem Gehäuse angeordneten Aktivteil, umfassend eine Anode, eine Kathode und eine die Anode von der Kathode trennende Feststoffelektrolyt-Membran, und mit einer Zufuhrleitung für das Reinstwasser in den die Anode enthaltenden Anodenraum und mit einer Abflußleitung für das Reinstwasser, enthaltend den erzeugten Sauerstoff bzw. Ozon-Sauerstoffgemisch aus dem Anodenraum und mit einer Abfuhrleitung für Medien aus dem die Kathoden enthaltenden Kathodenraum, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Puffergefäß (3) für das Reinstwasser vorgesehen ist, in das das Reinstwasser über eine Wasserleitung einspeisbar ist und das Reinstwasser aus dem Puffergefäß in den Anodenraum (13) der elektrochemischen Zelle (1a, 1) über die Zufuhrleitung (20) einspeisbar ist und die Abflußleitung (21) aus dem Anodenraum (13), enthaltend Sauerstoff bzw. Ozon und Sauerstoff sowie Reinstwasser, in das Puffergefäß (3) geführt ist und von dem Puffergefäß (3) eine Speiseleitung (32) für den Sauerstoff bzw. Ozon-Sauerstoffgemisch gegebenenfalls mit Zusatz von Reinstwasser zu einem Verbraucher abgeht.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Anodenraum (13) der elektrochemischen Zelle (1, 1a) über die Zufuhrleitung (20) und die Abflußleitung (21) mit dem Puffergefäß (3) verbunden ist und ein Kreislauf für das Reinstwasser gebildet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß in der Wasserleitung (31), die das Reinstwasser in das Puffergefäß (3) einspeist, ein Absperrventil (33) eingebaut ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zufuhrleitung (20) zwischen Puffergefäß (3) und Anodenraum (13) der elektrochemischen Zelle (1, 1a) einen Bypass (6) aufweist, in dem sich eine Filtervorrichtung (5) befindet, die die Akkumulation von Spurenstoffen (Ionen) im Wasser verhindert.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Filtervorrichtung aus einer Patrone mit einem einen Katalysator (50) enthaltenden Festbett zum Abbau von in dem Wasser gelösten Ozon und einem nachfolgenden Ionenaustauscher-Mischbett (51) zur Entfernung ionogener Stoffe besteht.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil des über den Bypass (6) geführten Reinstwassers entsprechend der Dimension der Zufuhrleitung (20) und dem erfaßbaren Druckabfall über die Filtervorrichtung (5) einstellbar ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß in der Wasserleitung (31), die das Reinstwasser in das Puffergefäß (3) einspeist, ein Regelventil (34) eingebaut ist, um einen vorgegebenen Füllgrad (35) des Puffergefäßes einzuhalten oder eine geringfügig größere Wassermenge als dem erforderlichen Füllgrad entspricht zuzuführen und eine mit einem Absperrventil (26) ausgestattete Abzweigleitung (27) von der Zufuhrleitung (20) für das Reinstwasser in den Anodenraum vorgesehen ist, über die überschüssiges Reinstwasser aus dem Puffergefäß (3) abführbar ist, so daß sich im Puffergefäß keine Ionen akkumulieren können.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß in der aus dem Puffergefäß (3) herausgeführten Speiseleitung (32) ein Rückschlagventil (36) angeordnet ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß in der aus dem Puffergefäß herausgeführten Speiseleitung (32) ein Filter (7) eingebaut ist, der nur Dämpfe und Gase durchläßt, um ein gasförmiges von Wasser befreites Ozon-Sauerstoffgemisch für die Weiterleitung an den Verbraucher zu erhalten.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Rückschlagventil (36) in der Speiseleitung (32) in Flußrichtung dem Filter (7) nachgeordneter Position vorgesehen ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Speiseleitung (32) aus dem Puffergefäß (3) an einer Stelle herausgeführt ist, die unterhalb des Wasserspiegels (35) des gefüllten Puffergefäßes (3) liegt.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Speiseleitung (32) aus dem Puffergefäß (3) an einer Stelle herausgeführt ist, die oberhalb des Wasserspiegels (35) des befüllten Puffergefäßes (3) liegt.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß ein als Tragplatte (8) ausgebildeter Kühlkörper (8) vorgesehen ist, auf dem die elektrochemische Zelle (1, 1a), das Puffergefäß (3) und die Stromversorgungseinrichtung (9) mit Trafo montiert ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrochemische Zelle (1) zur Erzeugung eines Ozon-Sauerstoffgemisches einen Aktivteil (12), umfassend eine perfluorierte Ionenaustauscher-Membran ( $F^{-}$ ) als Feststoffelektrolyt,

eine poröse Anode (A) mit Rutheniumdioxid, Platin, Platinmetallen, Platinoxide oder Iridiumdioxid als Anodenmaterial mit einer Katalysatorbeschichtung aus beispielsweise  $\beta$ -Bleioxid und eine poröse Kathode (K) aus Graphit mit einem Platin oder Platinmetalle 5 enthaltenden Katalysator, oder aus gesinterter Bronze oder aus gesintertem Kupfer enthält und an der Kathode als Nebenprodukt entstehender Wasserstoff über die Abfuhrleitung (22) aus dem Kathodenraum (14) zusammen mit permeierendem Wasser ableitbar ist. 10

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrochemische Zelle (1) zur Erzeugung eines Ozon-Sauerstoffgemisches einen Aktivteil (12), umfassend eine perfluorierte Ionenaustauscher-Membran (F) als Feststoffelektrolyt, 15 eine poröse Anode (A) mit Rutheniumdioxid, Platin, Platinmetalle, Platinoxide oder Iridiumdioxid als Anodenmaterial mit einer Katalysatorbeschichtung aus beispielsweise  $\beta$ -Bleioxid und eine als Gasdiffusions- 20 elektrode ausgebildete poröse Kathode (K) umfaßt, wobei ein Luftzuführungskanal (23) in den Kathodenraum (14) der elektrochemischen Zelle (1) vorgesehen ist, um die Kathode mit Luft zu beströmen, wodurch an der Kathode elektrochemisch Luft-Sauerstoff mit dem 25 entstandenen Wasserstoff zu Wasser reduziert und das Wasser und die restliche Luftmenge aus dem Kathodenraum (14) über die Abfuhrleitung (22) ableitbar ist.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrochemische Zelle (1a) zur Erzeugung von Sauerstoff einen Aktiv- 30 teil (12), umfassend eine perfluorierte Ionenaustauscher-Membran (F) als Feststoffelektrolyt, eine poröse Anode (A) enthaltend Platin oder Platinmetalle als Anodenmaterial und eine poröse Kathode (K) aus Graphit mit einem Platin oder Platinmetalle enthaltenden 35 Katalysator, oder aus gesinterter Bronze oder aus gesintertem Kupfer enthält und an der Kathode als Nebenprodukt entstehender Wasserstoff über die Abfuhrleitung (22) aus dem Kathodenraum (14) zusammen mit permeierendem Wasser ableitbar ist. 40

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrochemische Zelle (1a) einen Aktivteil (12), umfassend eine perfluorierte Ionenaustauscher-Membran (F) als Feststoffelektrolyt, eine poröse Anode (A), enthaltend Platin oder 45 Platinmetalle als Anodenmaterial, und eine als Gasdiffusionselektrode ausgebildete poröse Kathode (K) umfaßt, wobei ein Luftzuführungskanal (23) in den Kathodenraum (14) der elektrochemischen Zelle (1) vorgesehen ist, um die Kathode mit Luft zu beströmen, 50 wodurch an der Kathode elektrochemisch Luft-Sauerstoff mit dem entstandenen Wasserstoff zu Wasser reduziert und das Wasser und die restliche Luftmenge aus dem Kathodenraum (14) über die Abfuhrleitung (22) ableitbar ist. 55

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß eine aus Reinstwasser Sauerstoff erzeugende elektrochemische Zelle (1a) vorgesehen ist und mit einer Ozon-Sauerstoffgemisch erzeugenden elektrochemischen Zelle (1) in Reihe ge- 60 schaltet ist, dergestalt, daß beide elektrochemischen Zellen mit Reinstwasser aus dem Putzgefäß (3) gespeist werden und sowohl der erzeugte Sauerstoff als auch das erzeugte Ozon-Sauerstoffgemisch aus den beiden Zellen in das Putzgefäß zusammen mit dem 65 Reinstwasser geführt werden, wobei das Reinstwasser im Kreislauf geführt ist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekenn-

zeichnet, daß die Ozon-Konzentration in dem aus dem Putzgefäß (3) über die Speiseleitung (32) abgeführten in der Ozon-Sauerstoffgemisch erzeugenden Zelle (1) erzeugten Ozon-Sauerstoffgemisches mittels der in der Sauerstoff erzeugenden elektrochemischen Zelle (1a) erzeugbaren Sauerstoffmenge veränderbar, d. h. einstellbar ist.

---

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

---

Fig 1

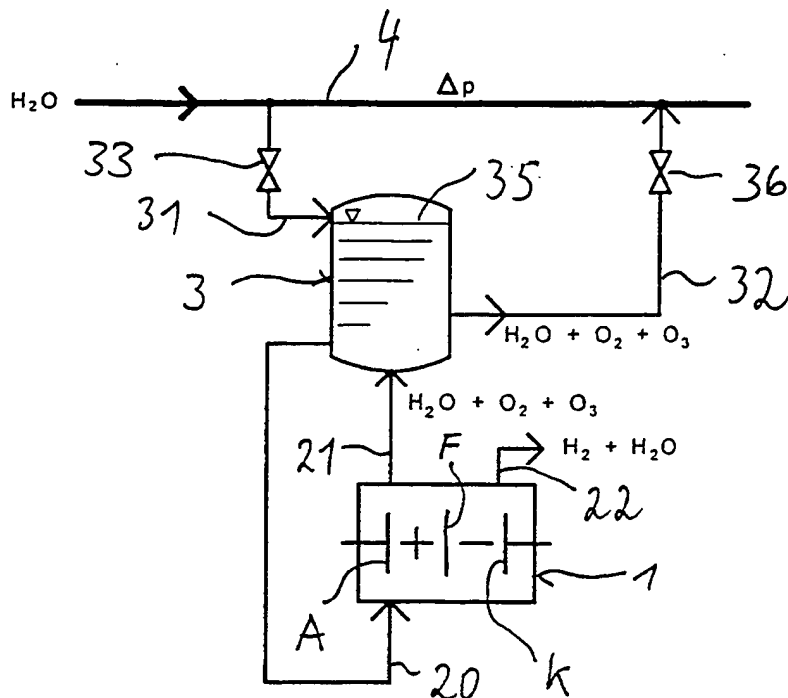


Fig 2

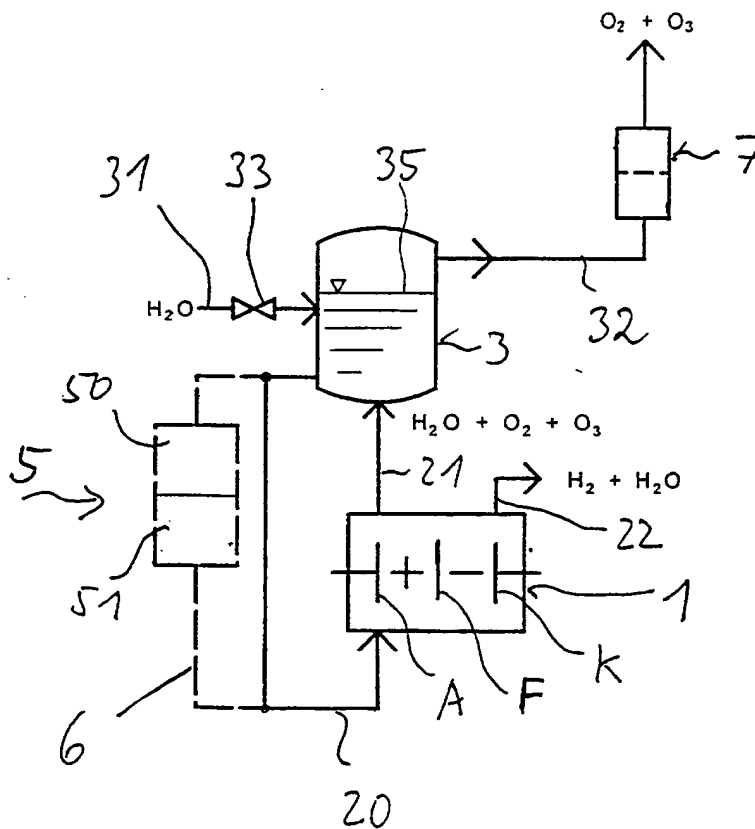




Fig 3

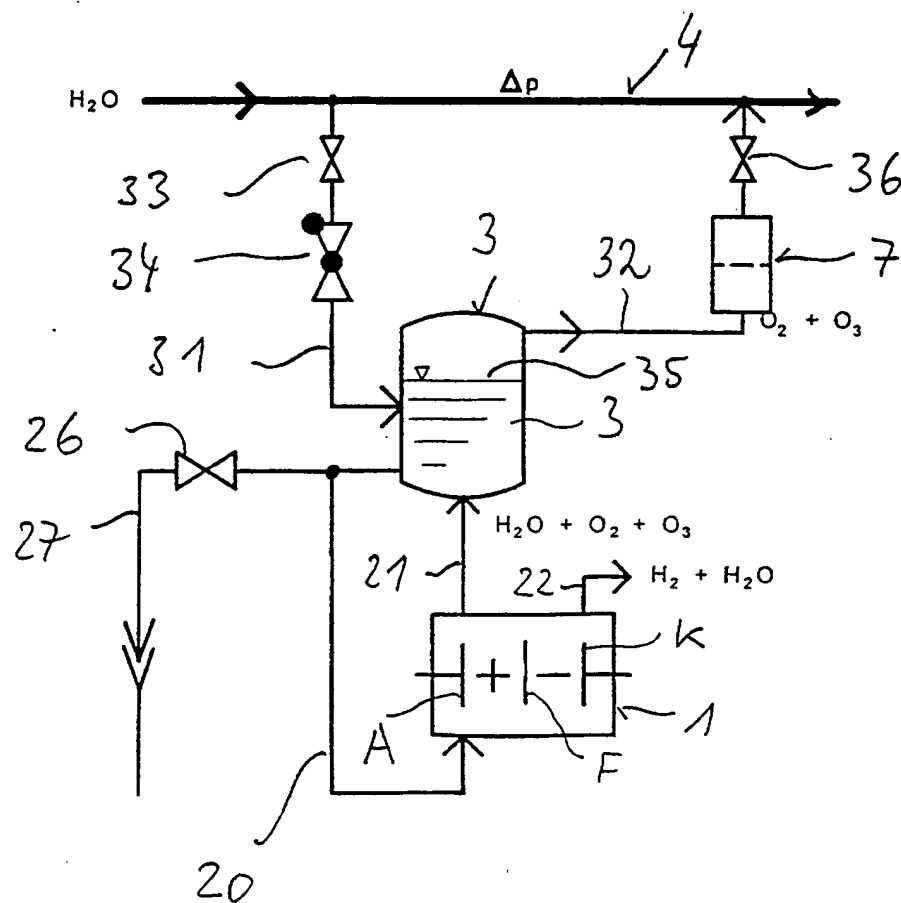


Fig 4

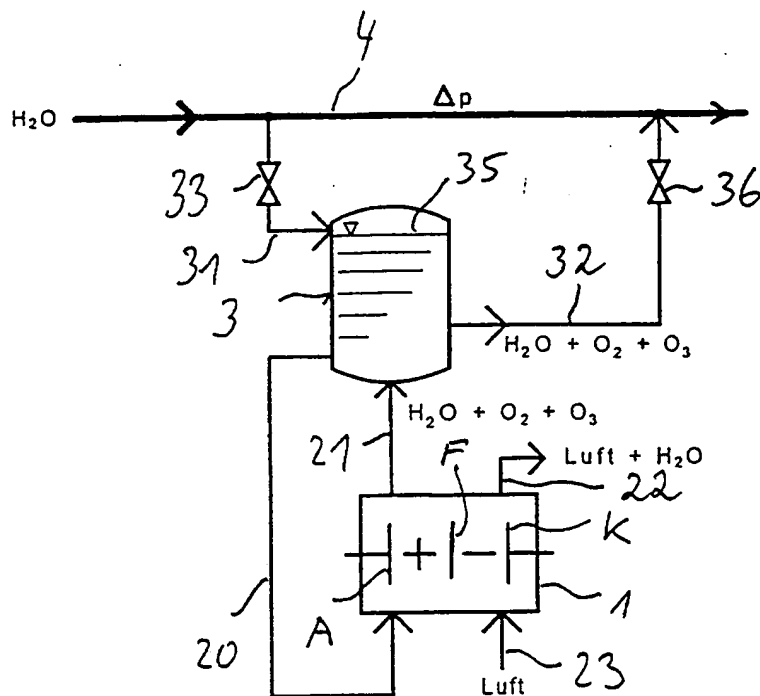
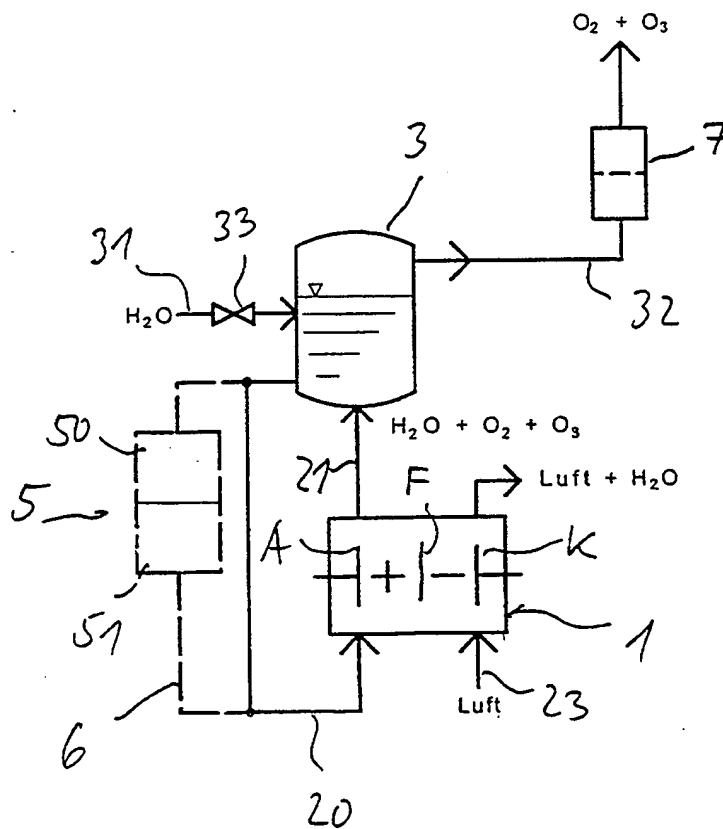
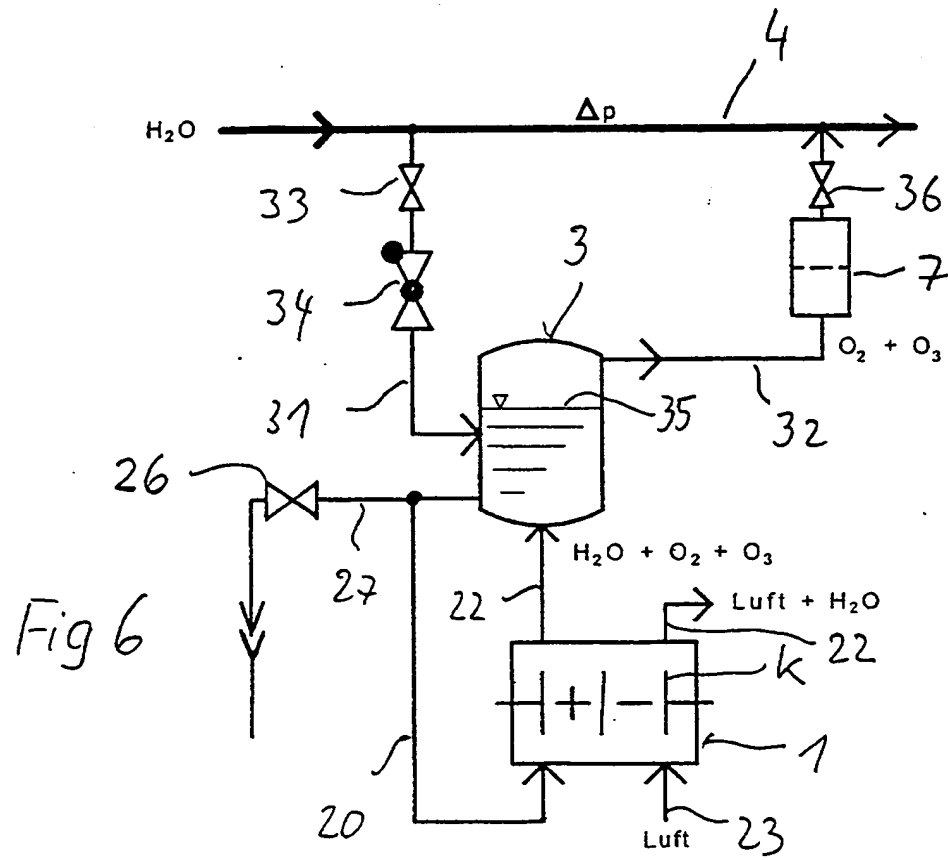
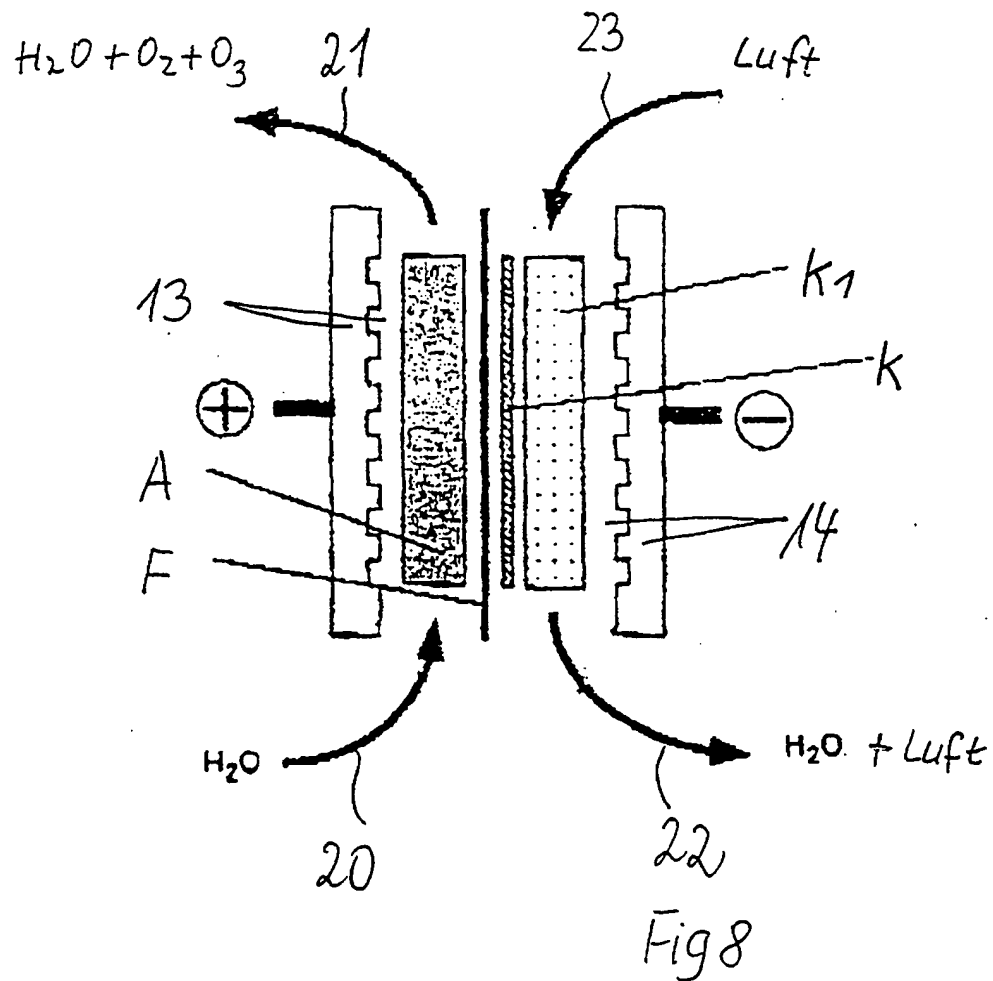
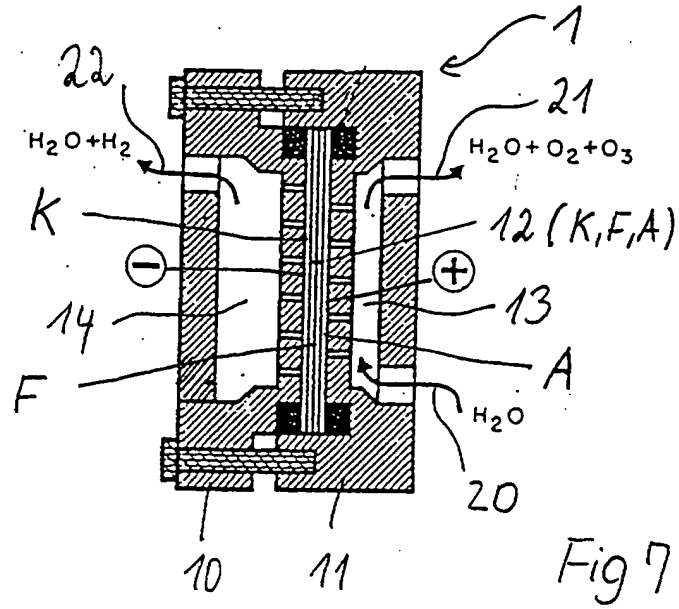


Fig 5







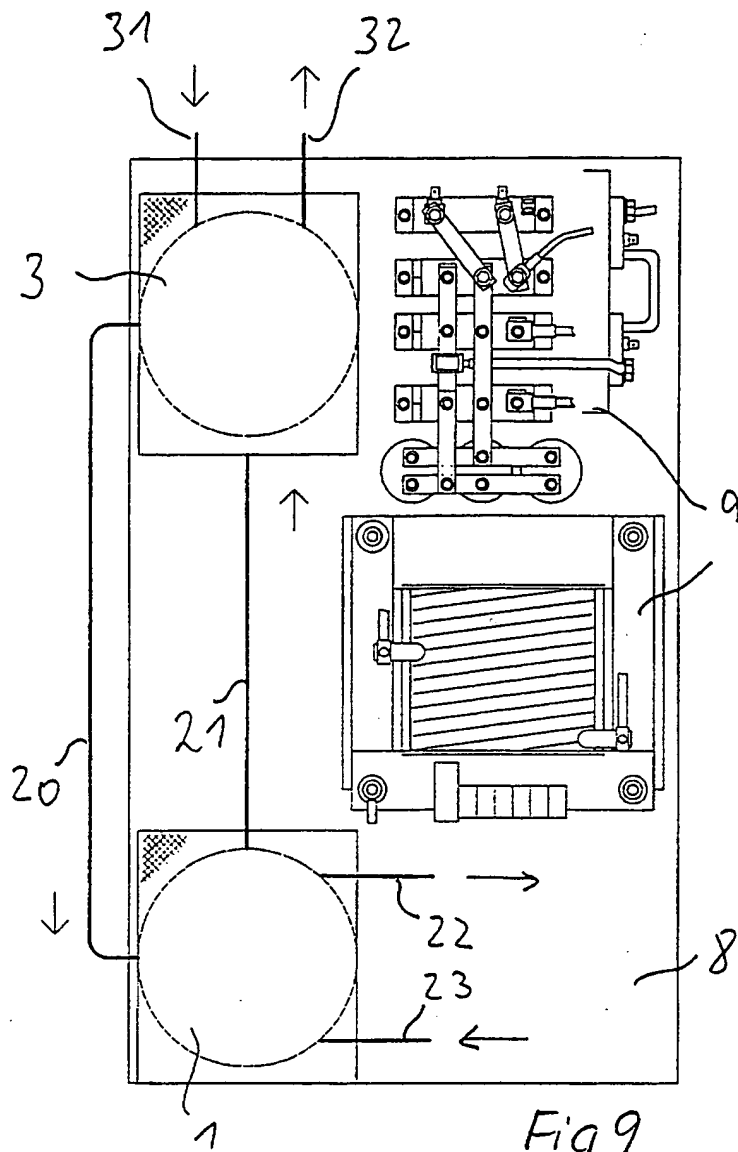


Fig 9

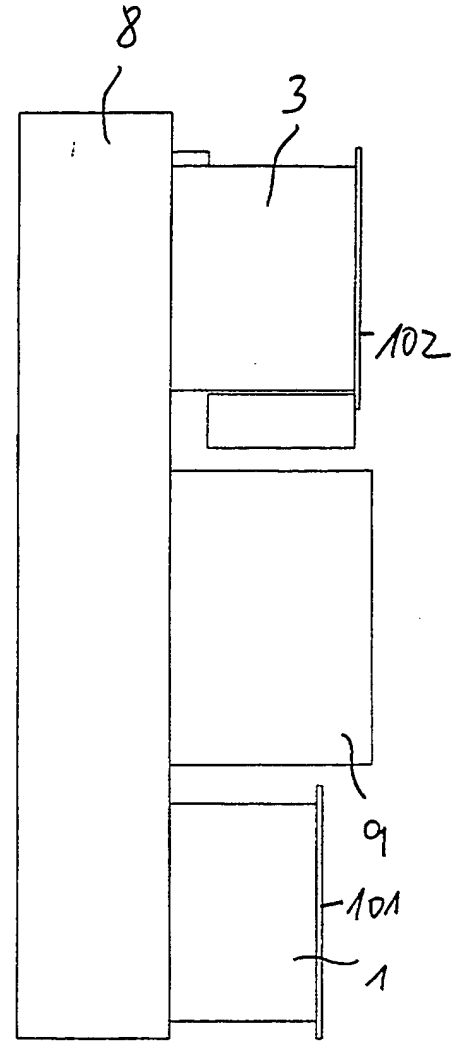


Fig 10

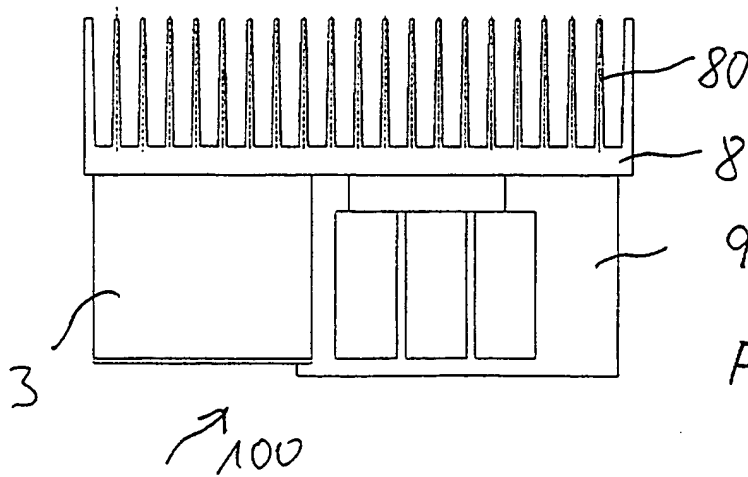


Fig 11

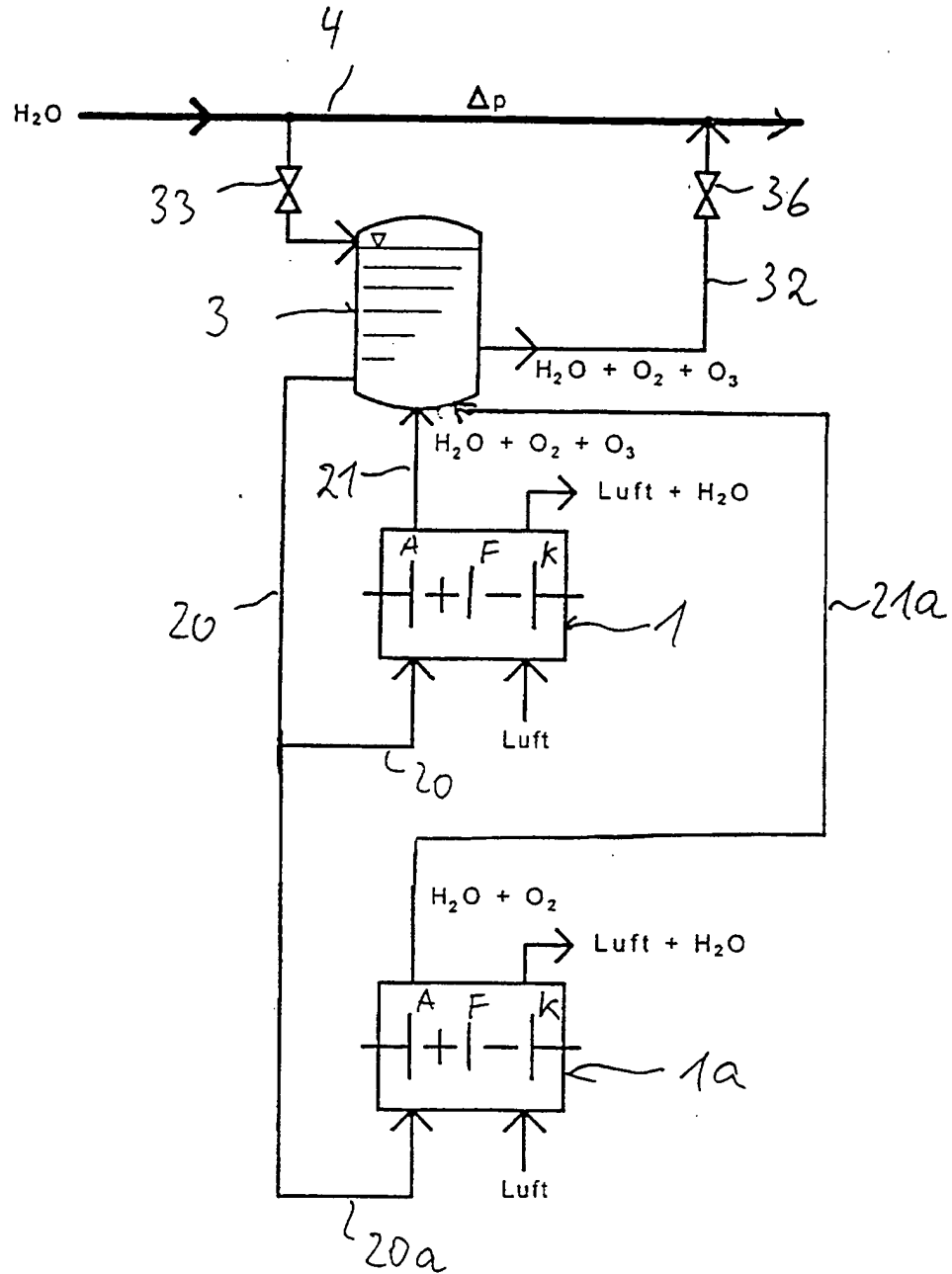


Fig 12

Fig 13

